



Title	上部消化管造影における胃小区像のComputed Radiographyによる検討
Author(s)	辰, 吉光
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1997, 57(12), p. 775-782
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15358
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

上部消化管造影における胃小区像の Computed Radiographyによる検討

辰 吉光

大阪医科大学放射線医学教室

An Evaluation of Computed Radiography in Contrast-enhanced Imaging of the Gastric Area

Yoshimitsu Tatsu

The usefulness of computed radiography (CR) in contrast-enhanced imaging of the stomach was evaluated. First, the spatial resolution and density resolution of CR under the conditions of contrast-enhanced imaging of the digestive tract were examined. Spatial resolution was lower, but density resolution was similar, in comparison with those of conventional film screen (FS). Both were better in CR at a low dose. Evaluation of processing conditions for CR using a gastric phantom indicated that the use of N for gamma type (GT) and T for response type (RT) in the left image and the use of A for GT and F for RT in the right image is recommended. Evaluation of the relationship between the stomach segment and response enhancement (RE) showed that RE should not be very strong in cases where segments to be visualized are limited to the lower part of the stomach. With an optimal RE, the image quality of the gastric segment was better in CR than in FS. When dynamic-range control processing was performed in an area overlapped by colon gas, obscure parts became visually recognizable. CR is considered to be useful also for contrast-enhanced imaging of the digestive tract.

Research Code No. : 512

Key words : Computed radiography, Stomach

Received Mar. 5, 1997; revision accepted Jul. 25, 1997
Department of Radiology, Osaka Medical College

はじめに

Computed Radiography (以下CR)を用いた胸部X線像¹⁾⁻¹⁰⁾の有用性については報告も多く確立されたものになりつつあるが、消化管造影についての報告¹¹⁾⁻¹⁵⁾は多くない。CRはコンピューターにデータを取り込んでから階調処理や周波数処理などを加えることができるが、消化管造影においてこの処理条件を検討した報告¹³⁾⁻¹⁵⁾は少ない。今回著者は従来のFilm Screen法(以下FS法)とCRの基礎的検討を行い、次に胃ファントムを用いCRにおける左画像、右画像の階調処理、周波数処理の至適条件を検討する。また臨床例において粘膜面変化の描出のターゲットとして、胃小区像を選び最適処理条件を検討し、FS法と比較検討する。またガスと重なり不明瞭な部分が認められた症例にDynamic Range圧縮(以下DR圧縮)を行い、DR圧縮の最適条件も検討したので報告する。

基礎的検討

方 法

(1)空間分解能と濃度分解能の検討

CRの空間分解能と濃度分解能について検討を行った。空間分解能の検討はMIC社製ハウレット・チャートネガ、ポジタイプ銅版厚35 μ mを用いた。ハウレットチャートには外径内径比3:1の小さなドーナツ環が作られている。照射線量を変化させハウレット・チャートのドーナツ環が視覚的に何パーセント認識できるかを検討した。検討は著者が行った。

濃度分解能の検討は京都科学標本社製バーガーファントムオウ15型を用いた。バーガーファントムはアクリルでできており直径1mmから8mm、深さ1mmから8mmの穴が作られている。照射線量を変化させこの穴が視覚的にどこまで認識できるかを検討した。検討は著者が行った。これらの評価は三原²⁰⁾の文献を参照した。撮影装置は島津社製ZS-40、CRシステムは富士フイルム社製FCR7000、イメージングプレート(以下IP)はST-Vを用いた。FS法においてフィルムはFUJI HR-S、増感紙はHR-4を用いた。管球焦点は

0.8mmで撮影電圧は85KVとし、照射線量をCRは12～63mAs, FS法は12～40mAsの間で変化させ検討を行った。

(2) 胃ファントムによる検討

CRの処理条件を決定するため京都科学社製胃ファントムを用い検討を行った。胃ファントムに150W/V%硫酸バリウム(ウムブラゾルA, パリトゲンデラックス, パリトップPを3:3:1に混合したもの)200ml入れ十分バリウムを壁に付着させた後CRを撮影、その後胃ファントムを動かさずFilmをFSに変え撮影した。その時間差は20秒であった。撮影条件は管電圧85KV, フォトタイマーを用いた。例数は30例行った。処理条件において、FS法のガンマカーブにあたる階調処理の中の階調処理条件を決める非線形変換曲線の階調タイプ(GT)を、16種類の基本形の中からN, A, O, Pを検討した²¹⁾(Fig.1)。また周波数処理の周波数タイプ(RT)を10種類の中から粒状性優先のT, V, 鮮鋭度優先のP, Fと変化させ検討した²¹⁾(Fig.2)。

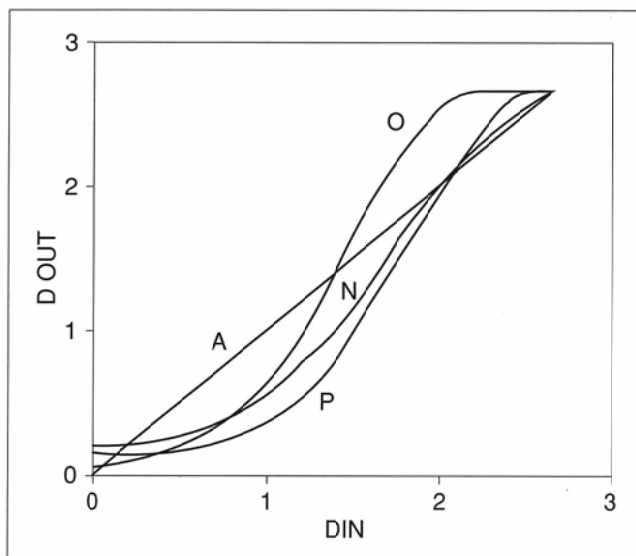


Fig.1 Gamma curves of gamma type A, N, O, P.

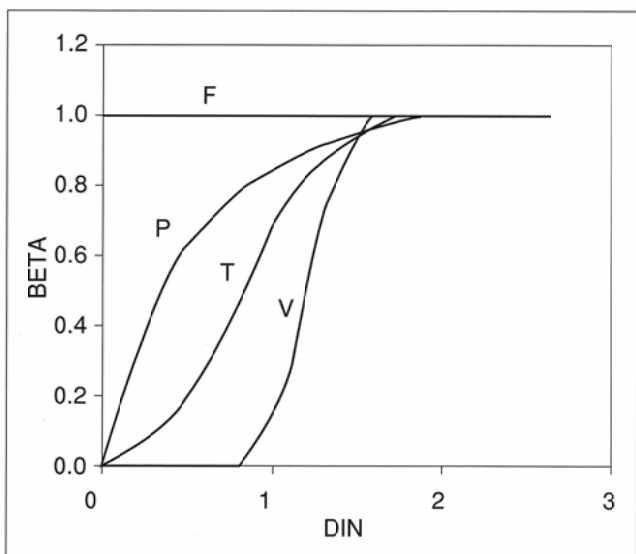


Fig.2 Beta tables of response type F, P, T, V.

結 果

(1) 空間分解能と濃度分解能

各照射線量における空間分解能をFig.3に示す。25mAsから40mAsではFS法の方がCRより空間分解能は良好であるが、FS法は線量が低下すると急激に空間分解能が低下し、CRの方が低線量では空間分解能は良好であった。

各照射線量における濃度分解能をFig.4に示す。32mAs, 20mAsの線量ではFS法, CRあまり差は認められなかったが、12mAsの低線量ではCRの濃度分解能がFS法より良好であった。

(2) 胃ファントムによる検討

30例の照射線量の平均値はCR53.0mAs, FS法35.5mAsでCRはFS法の1.5倍線量が必要であった。得られたFilmを放射線専門医4人に提示し合意によりCRの左画像と呼ばれているFS法にもっとも近くなる処理を決定したところGT-N, RT-Tであった。右画像は今回著者は胃小区に注目し、この胃小区が最もよく描出できる処理条件で右画像を出力しようと考えた。そこで読影を担当した4人に最も胃小区が描出できる条件を検討してもらった結果GT-A, RT-Fとなった。Fig.5にFS法の画像、階調タイプN, A, O, Pの画像を示した。

臨床的検討

対 象

何らかの症状があり、大阪医科大学付属病院を受診し、放射線科で胃X線検査を施行した患者のうち、正常または慢性胃炎と診断した59人を対象とした。内訳は男27人、女32人平均年齢56.7歳である。

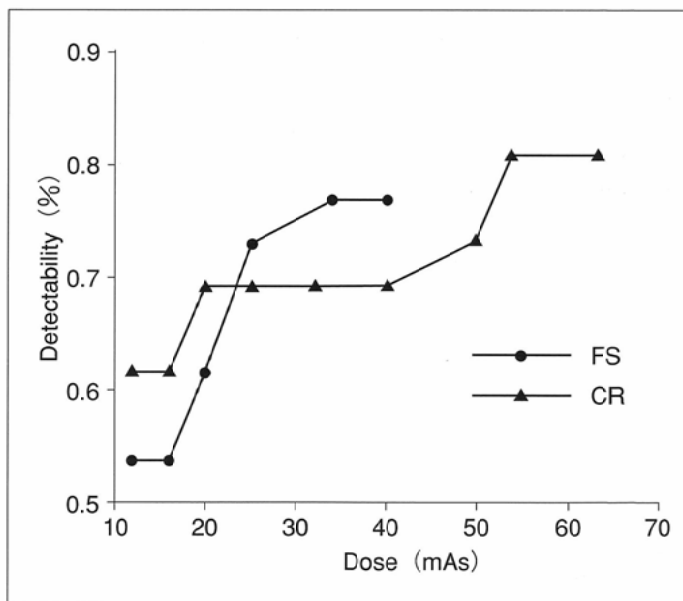


Fig.3 The relationship between different incident exposures and the detectability using Hawlet chart in CR and FS.

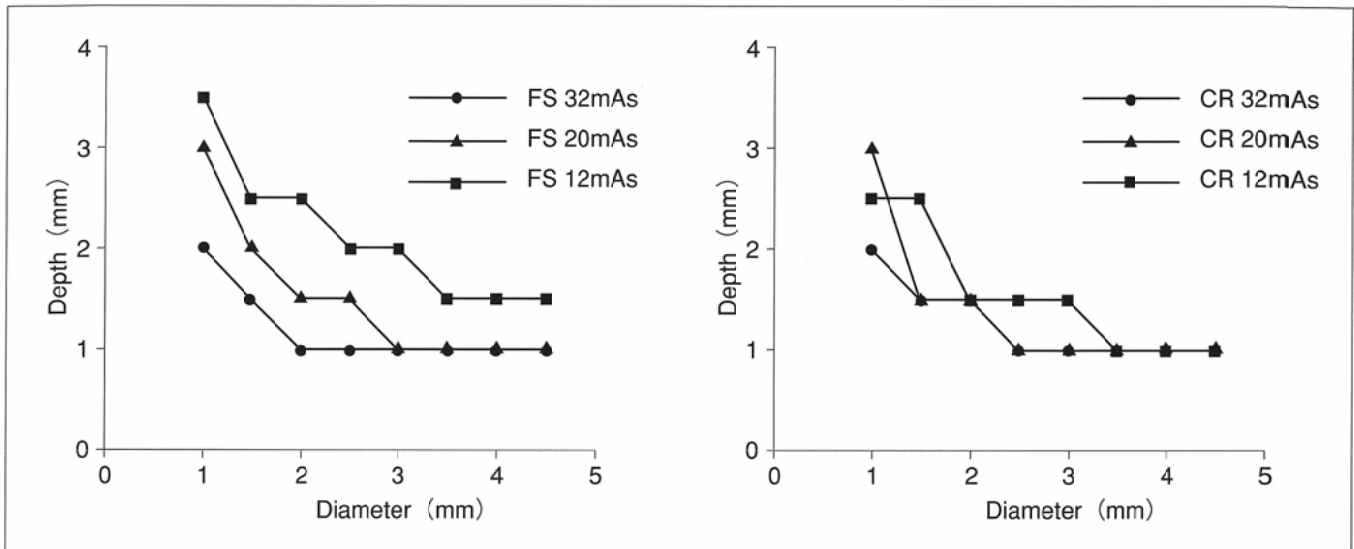


Fig.4 The relationship between different incident exposures and the resolving power using Burger's phantom in CR and FS.

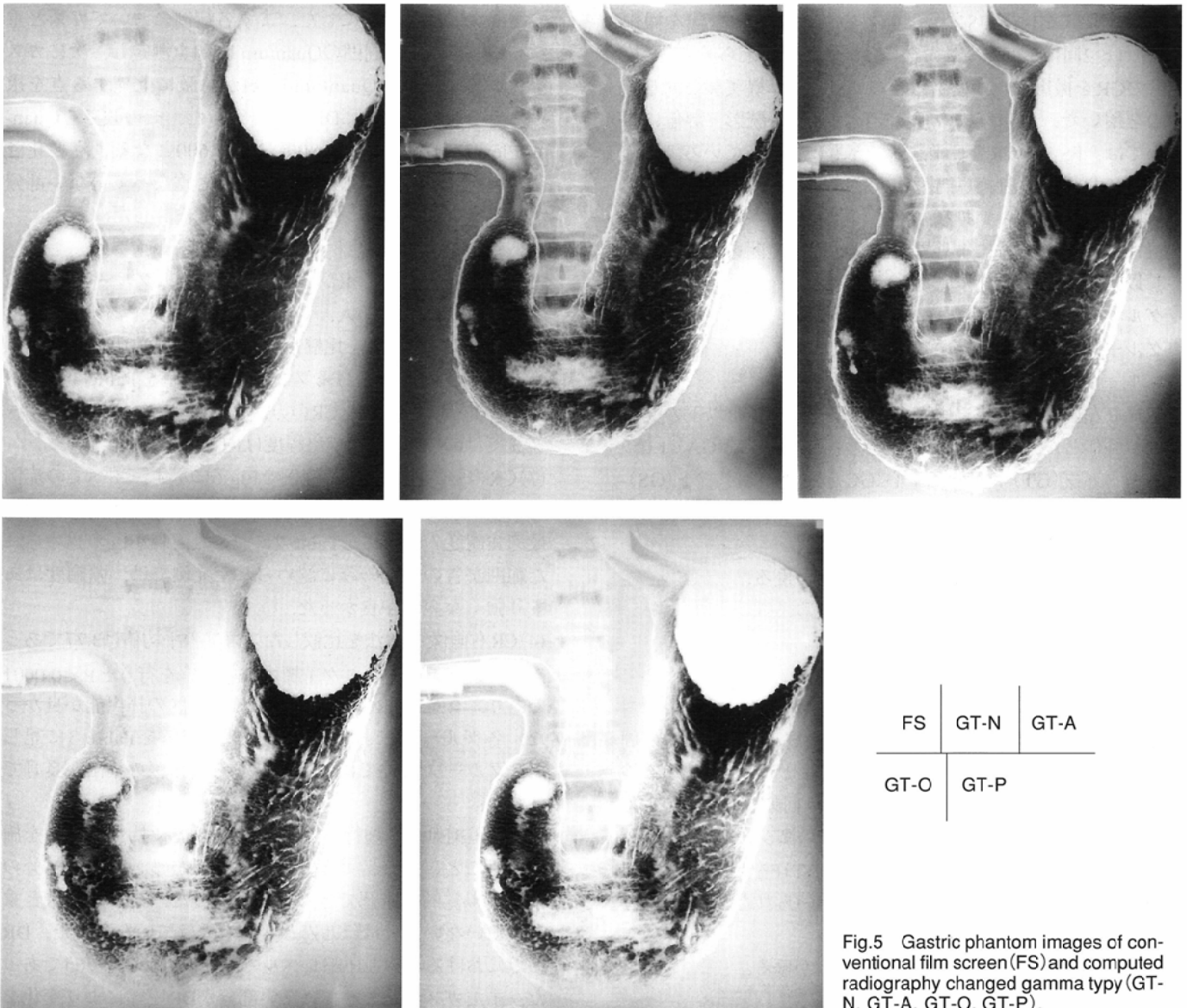


Fig.5 Gastric phantom images of conventional film screen (FS) and computed radiography changed gamma typy (GT-N, GT-A, GT-O, GT-P).

Table 1 Comparison of FS system and CR images concerning gastric area

group	average score
1	3.14
2	3.33
3	3.00

An extent of enlarged gastric area was classified into 3 groups according to the degree.

group 1; Gastric area was seen by a third from pylorus ring.

group 2; Gastric area was seen by two third from pylorus ring.

group 3; Gastric area was seen upper two third from pylorus ring.

score 1; FS system is obviously superior to CR.

score 2; FS system is reasonably superior to CR.

score 3; FS system is equal to CR.

score 4; CR is reasonably superior to FS system.

score 5; CR is obviously superior to FS system.

FS: film screen, CR: computed radiography

方 法

CRの撮影はFS撮影時同時に行った。初めにFS法による後壁二重造影撮影を行い次にIPに変え、1～2回体を回転させた後、FS撮影とほぼ同じ体位をとらせてCR撮影を行った。続いてFilmをFSにもどし、右前斜位の後壁像を撮影し、1～2回体を回転させた後はほぼ同じ体位をとらせて、2枚目のCRを撮影した。使用したバリウムは基礎実験と同じものを用いた。この4枚の写真を検討した。読影、評価については、FS法、CRを日常診断とともに使用している読影経験10年以上の放射線専門医4人によってなされた。検討項目は以下のとおりである。

(1)FS法、CR両方により胃小区像の描出範囲を胃を三等分し以下の3段階で判定した。

グループ1 幽門側から1/3まで認める。

グループ2 幽門側から2/3まで認める。

グループ3 幽門側から2/3より上部まで認める。

(2)CR左画像とFS法を比較し胃小区の描出能を以下の5段階で評価した。この時のCRの処理条件は回転量(GA)-1.0, 階調タイプ(GT)-N, 回転中心(GC)-0.3, 階調シフト(GS)-0.1, 周波数ランク(RN)-8, 周波数タイプ(RT)-T, 周波数強調度(RE)-1.0を用いた。

1 FS法の方が明らかに胃小区の描出が優る。

2 FS法の方がやや胃小区の描出が優る。

3 同じ程度である。

4 CRのほうがやや胃小区の描出が優る。

5 CRのほうが明らかに胃小区の描出が優る。

(3)右画像の最適強調度を決定するため周波数処理の中の周波数強調度(RE)を2, 5, 8, 11と変化させ胃小区の描出を検討した。この時のCRの他の処理条件は回転量(GA)1.0, 階調タイプ(GT)A, 回転中心(GC)0.3, 階調シフト(GS)0.1, 周波数ランク(RN)8, 周波数タイプ(RT)Fを用いた。

(4)各個人が選んだ最適な強調度が用いられたCR右画像とFS法を以下の5段階で評価した。

1 FS法の方が明らかに胃小区の描出が優る。

2 FS法の方がやや胃小区の描出が優る。

Table 2 The optimal response enhance number of each groups

group	average number
1	8.72
2	8.85
3	9.22

An extent of enlarged gastric area was classified into 3 groups according to the degree.

group 1; Gastric area was seen by a third from pylorus ring.

group 2; Gastric area was seen by two third from pylorus ring.

group 3; Gastric area was seen upper two third from pylorus ring.

3 同じ程度である。

4 CRのほうがやや胃小区の描出が優る。

5 CRのほうが明らかに胃小区の描出が優る。

(5)読影時に大腸など腸管内のガスと重なり周囲に比べオーバーな条件となり、読影が難しかった症例15例を対象としてDR圧縮を行い、その条件を検討した。DR圧縮は阿南ら¹⁸⁾の方法に準じたが、今回DR圧縮をかけ始めるレベルと圧縮の程度は以下のようにした。まず各症例においてガスと重なっている部分と周囲のQuantum levelを測定し、次にガスとの重なりのためQuantum levelが急激に上昇する点を求め、そのレベル以上にDR圧縮を行った。その強さをQuantum levelで1000を900, 800, 700, 600となるよう変化させ、最適条件を検討した。またガスと重なっていない部分に変化を受け始めるレベルについても検討した。

結 果

(1)胃小区の描出範囲による分類結果は、グループ1が22人、グループ2が10人、グループ3が27人であった。

(2)CR左画像とFS法を比較したスコアの平均値は3.11であった。各グループにおけるスコアの平均値をTable 1に記した。グループ1, 2ではCRの方が描出が良かったが、グループ3ではCR, FS法の描出程度は同じであった。

(3)CRの強調度を変えた症例をFig.6に示す。すべての症例の最適強調度の平均値は8.97であった。各グループにおける最適強調度の平均値をTable 2に記した。胃小区の認められた範囲が胃の下部のみに認められた症例では、強調度はあまり強くない方が良かった。

(4)CR右画像とFS法を比較したスコアの平均値は3.77であった。ノンパラメトリック1標本符号検定を行うと $P < 0.0001$ であり、有意にCRの方がFS法より胃小区の描出能が良かった。各グループにおけるスコアの平均値をTable 3に記した。グループ2, 3では特にCRの方が胃小区の描出が良好であった。

(5)DR圧縮処理を施行した症例をFig.7に示す。DR圧縮を施行することにより、ガスと重なり読影が難しかった部分の情報が視覚的に確認できるようになった。しかしガスと重なっていない部分はほとんど変化を受けていなかった。DR圧縮における最適な圧縮レベルの平均値は1000→765であった。またガスと重なっていない部分がDR圧縮により変化を

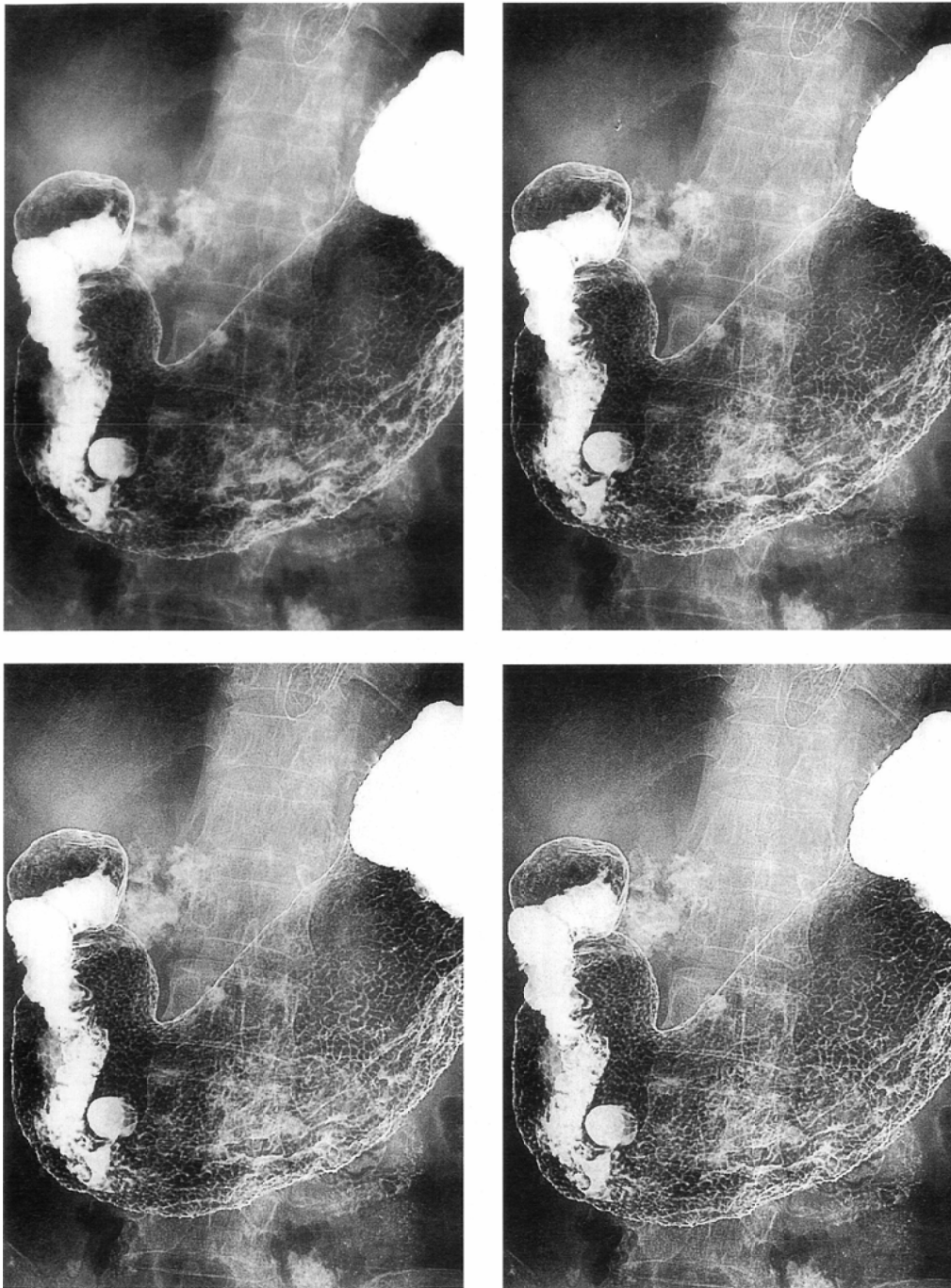


Fig.6 Double contrast images of stomach using CR in changing response enhance number from 2 to 11

うけ始める値の平均値は1000→653であった。このことよりDR圧縮のレベルは1000→765前後が最も良いと判定した。

考 案

現在CRを用いた画像診断は主に胸部や乳房撮影に用いられている。これはCRはダイナミックレンジが広く、胸部のように空気と石灰化を伴った病変がすぐ近くにあるような条件下で有用性が高いからである。しかし消化管撮影にCRを用いた報告は少なく、また消化管撮影にCRを用いる施設も装置の普及台数からもそれほど多くない。CRは画像情報を

一度IPに記録させ、それをレーザービームでスキャンニングし、得られたデータをアナログ/デジタル変換しコンピュータ内に記憶させた後フィルムに焼き付ける。CRはダイナミックレンジが広い反面、空間分解能はそのマトリックスにより決まり、FS法よりも低いことは確かである。しかし実際に消化管撮影の条件下での検討はなされていない。そこで著者ははじめに消化管撮影の条件下におけるCRとFS法の基礎的検討を行った。

基礎的検討

(1)空間分解能と濃度分解能について

著者の施設で施行している消化管造影の条件である撮影

Table 3 Comparison of FS system and CR images concerning gastric area in the optimal response enhance were done

group	average score
1	3.57
2	3.90
3	3.88

An extent of enlarged gastric area was classified into 3 groups according to the degree.

group 1; Gastric area was seen by a third from pylorus ring.

group 2; Gastric area was seen by two third from pylorus ring.

group 3; Gastric area was seen upper two third from pylorus ring.

score 1; FS system is obviously superior to CR.

score 2; FS system is reasonably superior to CR.

score 3; FS system is equal to CR.

score 4; CR is reasonably superior to FS system.

score 5; CR is obviously superior to FS system.

FS: film screen, CR: computed radiography

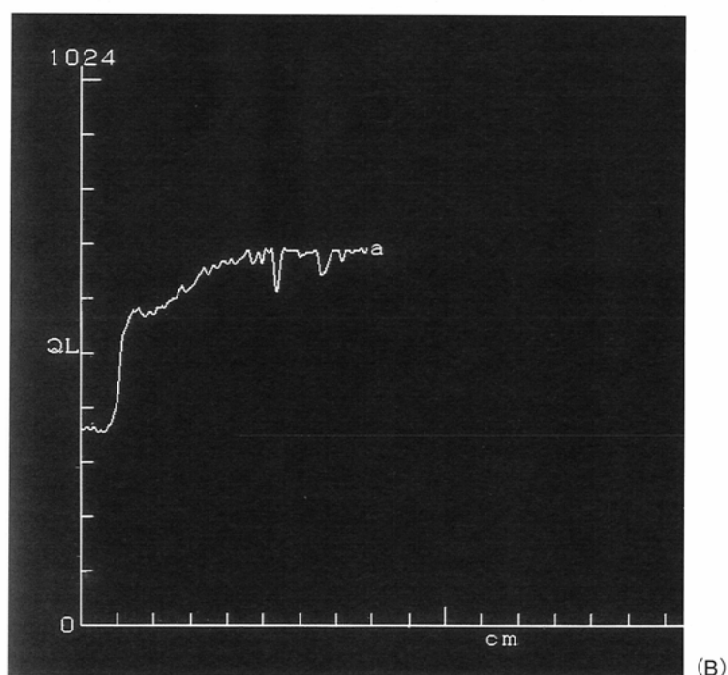
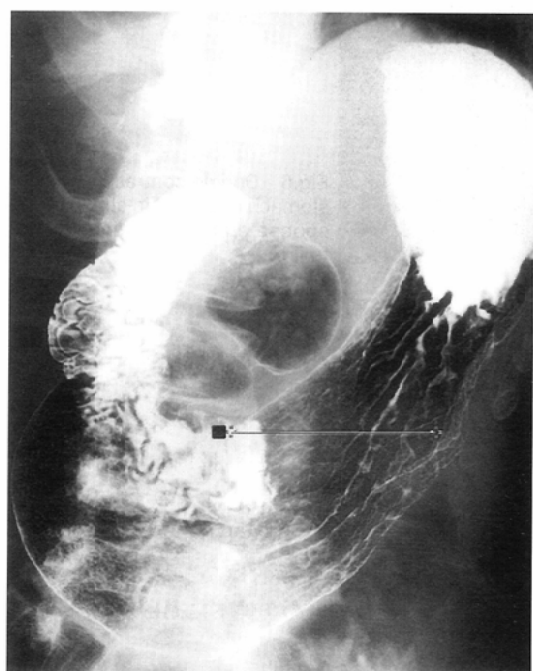
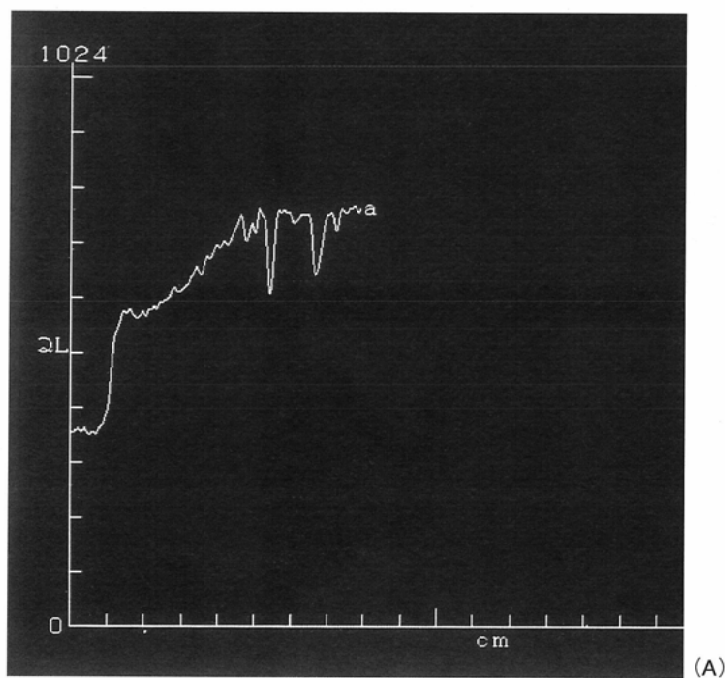
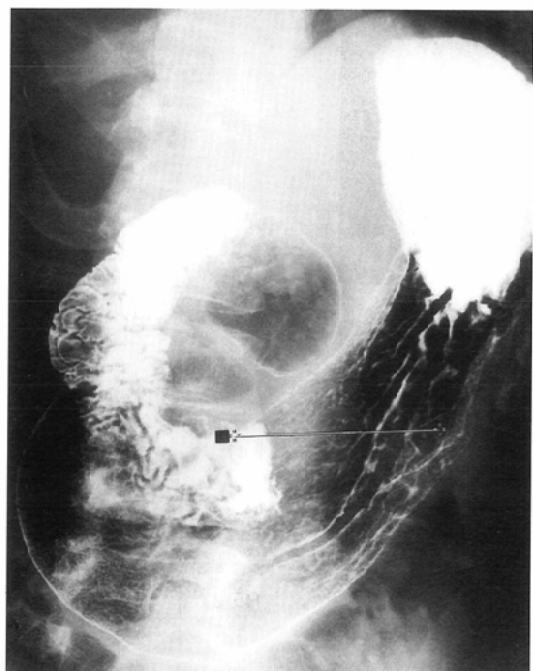


Fig.7 Double contrast images of stomach using CR
A: Original. B: After dynamic-range control processing.

A dynamic-range control processing was performed in an area overlapped by colon gas, obscure parts became visually recognizable.

管電圧85KVにおける空間分解能、濃度分解能についてハレット・チャート、バーガーファントムを用いて検討した。空間分解能は24~40mAsの実用範囲ではFS法の方がCRより良好であった。40mAsではFS法に比較しCRは10%空間分解能が低かった。しかしフォトタイマーを用いた場合のCRの撮影条件54mAs前後とFS法における40mAsと比較すると逆にCRの方が良好であった。照射線量を変化させた場合、FS法は25mAs以下では急激に空間分解能が低下したが、CRでは低下していくもののその変化はゆるやかで、20mAs前後から逆にCRの方が良くなった。小田⁴⁾もCRを用いた胸部単純X線撮影におけるCRの評価の中で同様の結果を報告している。CRにおいて照射線量20~40mAsでは認識率は約70%であった。これを解像力に直すと2本/mmに値する。この解像力は胃の病変を描出するのに十分と考えられる。濃度分解能は同照射線量ではFS法、CRともにほとんど差はないが、12mAsの低線量ではCRの方が良かった。山田¹¹⁾は注腸造影にCRを用い照射線量をFS法の1/10にして撮像するといくらか画質は低下したが、fine network patternはよく描出されていたと報告している。またShin¹⁴⁾は犬の摘出胃を用い標準照射線量の32%で撮影されたCRとFS法を比較した結果、病変の検出率に差は無かったと報告している。CRは低線量でも空間分解能、濃度分解能が急激に低下せず患者被曝線量を軽減できる可能性があると考えられる。

(2) 胃ファントムによる検討

通常CRは2画像出力が行われており左画像はFS法に近い画像で、右画像は目的とするものが最もよく見えるように強調された画像が出力されることが多い。今回、胃ファントムを用いCRの処理条件を決定した。特に今回は胃X線検査で描出できる最小構造物である胃小区に注目し、胃小区の描出程度により評価した。まず従来のfilmのガンマカーブにあたる階調処理パラメータの一つであるGTについて検討した。その結果左画像にはN、右画像にはAを用いるのが最も良いという結果が得られた。この結果は村上¹²⁾が用いた条件と同じであった。NはゆるやかなS字状カーブを描く非線形階調で、Aは線形階調である。周波数処理パラメータのひとつであるRTの検討では左画像にはT、右画像にはFを用いるのが良いという結果となった。右画像では鮮鋭度重視のFが選ばれたがこれは胃小区という小さな構造物に注目しているため、鮮鋭度の高いものが選ばれたと考えられる。

臨床的検討

今回胃ファントムにより決定したCR左画像とFS法を比較した結果はスコアで3.11となりほぼ同じスコアとなった。このことより今回決定した条件で左画像の出力条件は妥当であると考えられた。各グループ別では1、2でCRの方がスコアが良かった。CRは照射線量がFS法の1.5倍あり、この条件ではFS法より空間分解能が良いことが関係していると考えられる。CR右画像の強調度を検討した結果、平均値は8.98とほぼ9となりかなり強い強調が良いことがわかった。これは今回胃小区という小さな構造物に注目して検討したからではないかと考えている。各グループと強調度の検討で

は胃小区の認められた範囲が胃の上方に進むにしたがって最適強調度を大きくしていく方が良かった。これはグループ1などで強く強調をかけるとバックグラウンドが目立つようになり、このために胃小区が読影しにくくなるからであろうと考えられる¹⁶⁾。Nakano¹³⁾は強調が強いと慢性胃炎様に見えると報告している。最適に強調をかけた右画像とFS法を比較するとスコアは3.77とFS法に比べ有意($P < 0.0001$)にCRは胃小区の描出に優れているという結果になった。各グループで比較した場合、グループ2、3で特に良かったが、グループ1でもCRがFS法よりもスコアは良かった。胃切除標本を用いた検討においては、山田¹⁷⁾は切除標本とCR像を比較し、CRは病変部のみならず胃小区も明瞭に描写されたと報告している。

今回ガスと重なり読影が難しい部分のある症例にDR圧縮処理を行った。DR圧縮とは、広いダイナミックレンジでは高濃度の中に低濃度が存在してもわれわれには認識できないが、高濃度領域のダイナミックレンジのみ狭くすると診断可視領域が広がり、かつ圧縮処理がかかる範囲以下には変化が認められない画像処理法である。阿南¹⁸⁾はこの処理法を開発し、胸部¹⁸⁾、乳房¹⁹⁾に応用したが消化管撮影における最適処理条件の検討は報告されていない。そこで著者はこの消化管造影におけるダイナミックレンジ圧縮の最適処理条件について検討した。その結果、今回得られた最適なDR圧縮の条件は、ガスと重なり始めたQuantum levelよりかけ始め、その強さはQuantum level 1000を765に圧縮する強さが最も良かった。ガスと重なっている部分と重なっていない部分のQuantum levelには各症例で勿論ばらつきが認められた。はじめ著者はガスと重なっている部分と重なっていない部分のQuantum level差の1倍、2倍、3倍の強さでDR圧縮処理を行い、検討を行った。しかし、それでは症例によりガスと重なっている部分と重なっていない部分のQuantum level差が大きい症例では、1倍でも圧縮強度が強すぎるという結果となり最適の条件を求めることができなかった。DR圧縮のレベルを強くしていくと、1000を653以下まで圧縮するとガスと重なっていない部分にも影響が出始めた。このことから、DR圧縮のレベルを1000→765にすれば、ガスと重なっていない部分には影響がなく、ガスと重なり読影が難しかった部分の情報もある程度読影できると考えられた。

以上のように、CRは胃X線検査に用いることが可能と考えられ、照射線量を少なくしても画質は急激に低下することなく、患者の被曝線量を低下させ得ると思われた。また階調処理や周波数処理を加えることで、FS法より胃小区の描出が改善され、ガスと重なり読影が難しい部分にはDR圧縮という方法が有用と考えられる。しかし実際CRを用いて不都合がなかったわけではない。CRで撮像する場合IPを用いるがこれはfilmの枚数だけ必要であり仮に1人に12枚撮影するとして一度に15人撮影すると180枚IPを用意するか、すぐに読み取りにかけその後消去することを繰り返す必要がある。また撮影中もfilmの交換時間がFS法に比較し約2倍

かかり検査時間が長くなった。このような点は改善が望まれる。最近ではIPを用いず直接ビデオ信号をデジタル変換し、画像メモリに記憶させるDigital Radiography²²⁾⁻²⁴⁾が開発され、消化管診断にも応用されつつある。これらを用いる場合にも処理条件を十分検討する必要があるのではないかと考える。

ま と め

- 1) CRの胃X線検査における基礎的検討を行ったところ、FS法に比べ空間分解能はやや低いが見影には支障ないと考えられた。濃度分解能はほぼ同程度であった。
- 2) 胃小区の描出範囲が胃の下部のみに認められた症例で

は、CRの強調度はあまり強くない方が良かったことがわかった。最適に強調度がかけられた画像は有意にFS法より胃小区の描出が良かった。

3) 大腸ガスと重なった部分にダイナミックレンジ圧縮を施行したところ不明瞭な所が視覚的に認識できるようになった。CRは胃X線検査にも有用であると考えられた。

稿を終えるに当たり、多大なる御指導および御校閲を賜りました大阪医科大学放射線医学教室 植林 勇教授に深甚なる謝意を表します。またフィルムの読影などで御協力して戴きました大阪医科大学放射線医学教室のスタッフの方々、箕面市立病院放射線科部長 山崎紘一先生、大阪医科大学放射線科 沢井技師に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 鬼塚英雄：輝尽性蛍光体イメージング・プレートを用いた胸部デジタルラジオグラフィーの診断能。日本医放会誌 49：177-190, 1989
- 2) 多田弘士，瀧澤弘隆，黄 麗，他：胸部単純X線撮影におけるFCRの画像特性。日胸疾会誌 28：925-943, 1990
- 3) 上村良一：Digital Radiography (Fuji Computed Radiography) を用いた胸部単純X線写真による上部気道病変の診断—その診断能と画像処理効果の検討—。日本医放会誌 52：308-319, 1992
- 4) 小田純一：胸部単純X線撮影におけるFCR (Fuji Computed Radiography) の画像評価—基礎的および臨床的検討—。日本医放会誌 50：1485-1498, 1990
- 5) Thaete FL, Fuhrman CR, Oliver JH, et al: Digital Radiography and Conventional Imaging of the Chest: A Comparison of Observer Performance. AJR 162: 575-581, 1994
- 6) 糸氏英一郎，河野通雄，足立秀治，他：肺癌診断におけるコンピュータド・ラジオグラフィー(CR)の有用性に関する検討。日本医放会誌 53：655-666, 1993
- 7) Schaefer CM, Green R, Hall DA, et al: Mediastinal Abnormalities: Detection with Strage Phosphor Digital Radiography. Radiology 168: 169-173, 1991
- 8) Buckley KM, Chaefer CM, Green R, et al: Detection of Bullous Lung Disease: Conventional Radiography vs Digital Storage Phosphor Radiography. AJR 156: 467-470, 1991
- 9) Schaefer CM, Green R, Llewellyn HJ, et al: Interstitial Lung Disease: Impact of Postprocessing in Digital Strage Phosphor Imaging. Radiology 178: 733-738, 1991
- 10) Fajardo LL, Hillman BJ, Pond GD, et al: Detection of Pneumothorax: Comparison of Digital and Conventional Chest Imaging. AJR 152: 475-480, 1989
- 11) 山田達哉，網野 繁，石川 勉，他：CR大腸検査法。臨床放射線 35：1329-1333, 1990
- 12) 村上 稔：胃X線検査におけるComputed Radiographyの有用性の評価—ファントム実験および臨床例における検討—。日本医放会誌 55：651-658, 1995
- 13) Nakano Y, Togashi K, Nishimura K, et al: Stomach and Duodenum: Radiographic Magnification Using Computed Radiography (CR). Radiology 160: 383-387, 1986
- 14) Shin JH, Oestmann J, Hall D, et al: Subtle Gastric Abnormalities in a Canine Model: Detection with Low-Dose Imaging with Strage Phosphors and Its Equivalence to Conventional Radiography. Radiology 172: 399-401, 1989
- 15) 稲本一夫，梅田徳雄，稲邑清也：胃X線画像処理の研究—早期胃癌像での試み—。日本医放会誌 52：1505-1520, 1992
- 16) Feczko PJ, Ackerman LV, Kastan DJ, et al: Digital Radiography of the Gastrointestinal Tract. Gastrointest Radiol 13: 191-196, 1988
- 17) 山田達哉，水口安則，網野 繁，他：胃X線所見と切除標本所見との対比 特にCR法による対比。胃と腸 23：35-42, 1988
- 18) 阿南充洋，大谷匡史，加藤博之，他：Dynamic-range Conversion Processingの開発。映像情報 23：805-811, 1991
- 19) 阿南充洋，大谷匡史，野畑 強，他：Dynamic-range Conversion Processingのマンモグラフィへの応用。映像情報 24：663-668, 1992
- 20) 三原一博：CRにおける線質と線量の考え方。日本放射線技術学会誌 49：2044-2051, 1993
- 21) FUJI COMPUTED RADIOGRAPHY画像処理解説書：56-62
- 22) 木暮 喬，嶋田守男，伊東邦子，他：消化管II. DR化をふまえた消化管動態診断の検討。映像情報 28：326-331, 1996
- 23) 飯沼 元，内山菜智子，中嶋秀磨，他：Digital Radiographyによる消化管造影検査の検討。映像情報 28：319-325, 1996
- 24) 杉野吉則，今井 裕，天羽 洋，他：早期胃癌X線診断におけるデジタル・ラジオグラフィの有用性。胃と腸 30：47-57, 1995